
Liebermann, Kersten; Beyer, Peter :

***Neue Versuchstechnik zur Bestimmung von Federdraht- und
Federkennwerten***

*Publikation entstand im Rahmen der Veranstaltung
(wurden aber versehentlich nicht im gleichnamigen Tagungsband
abgedruckt):*

Federn - unverzichtbare Bauteile der Technik : Tagung Fulda, 7. und
8. November 2006 / VDI-Gesellschaft Entwicklung, Konstruktion,
Vertrieb.

Neue Versuchstechnik zur Bestimmung von Federdraht- und Federkennwerten

Dr.-Ing. **K. Liebermann**, TU Ilmenau, Ilmenau

Dipl.-Ing. **P. Beyer**, TU Ilmenau, Ilmenau

Kurzfassung

Die Forderung nach erhöhter Qualität von Federdraht- und Federdrahtprodukten verlangt auch eine Verbesserung der Mess- und Prüfmittel zur Qualitätsüberwachung.

Am Beispiel von Schraubendruckfedern beschreibt der Beitrag einen Bildverarbeitungs-messplatz, der das Ermitteln der Federgeometriedaten ermöglicht. Erläutert werden die Anforderungen an den Messplatzaufbau (z. B. Kamera- und Objektivauswahl, translatorische und rotatorische Bewegungsmöglichkeiten) und die damit erreichbaren Genauigkeiten für die messbaren Parameter wie z. B. Draht- und Windungsdurchmesser sowie Federlänge.

Der Beitrag stellt weiterhin einen neuartigen Umlaufbiegeversuchsstand vor, der von der Forschungsgruppe Federn der TU Ilmenau genutzt wird. Es werden die Funktionsweise, die Anwendung und die erreichbaren Aussagen zu den Drahteigenschaften erläutert. Ein Schwerpunkt des Beitrages bildet die Beschreibung der Vorteile gegenüber handelsüblichen Versuchsständen.

1. Umlaufbiegeversuchsstand zur Ermittlung dynamischer Eigenschaften von Federstahldrähten

Einleitung

An Federn aus Draht werden von Seiten der Anwender zunehmend erhöhte Anforderungen hinsichtlich Genauigkeit der Funktion und Gestalt gestellt. Wachsende Bedeutung erlangen aber auch Forderungen nach besserem Langzeitverhalten, erhöhter Warmfestigkeit, längerer Lebensdauer, höherer Belastbarkeit sowie nach geringerem Werkstoffeinsatz und Bauvolumen. Aktuelle Arbeiten untersuchen, inwieweit bereits durch die Beurteilung der dynamischen Eigenschaften der Federstahldrähte, ihre Eignung für dynamisch beanspruchte Federn gegeben ist.

Grundprinzip, Aufbau und Eigenschaften des Versuchsstandes

Um die Eignung des Federstahldrahtes für dynamische Einsatzfälle bestimmen zu können, wird neben metallografischen oder chemischen Reinheitsgradbestimmungen immer häufiger

der Umlaufbiegeversuch verwendet. Mit ihm kann die Eignung eines Drahtes für die Verarbeitung zu dynamisch hochbelasteten Federn getestet werden. Durch geeignete Wahl der Biegespannung erreicht man, dass Fehlstellen, wie nicht-metallische Einschlüsse oder sonstige innere Ungängen, die unter der Oberfläche liegen, Schwingbrüche verursachen. Dabei geht man davon aus, dass diese Einschlüsse auch bei tordierender schwingender Belastung zu Brüchen führen.

Im Rahmen der Forschungsarbeiten (z. B. [1]) der Forschungsgruppe Federn der TU Ilmenau wird ein neuartiger Umlaufbiegeversuchsstand genutzt, der eine Reihe von Vorteilen gegenüber handelsüblichen Versuchsständen besitzt. Beispiele hierfür sind:

- Untersuchung gleichen Materialvolumens bei verschiedenen Biegespannungen
- Einfache Bestimmung des Drahtvolumens mit konstanter Biegespannung
- Untersuchung möglichst großer Volumina
- Messtechnische Ermittlung des Biegemomentes, welches auf das zu untersuchende kreisbogenförmige Drahtstück wirkt
- Einfache Einstellung des Biegemomentes
- Einfache Bestimmung der Drahtkrümmung

Der neuartige Versuchsstand besteht aus zwei Spannzangen zur Aufnahme des Drahtes. Eine Spannzange wird motorisch angetrieben. Durch eine definierte Bewegung des zweiten Drahtendes ist es möglich, den Draht mit unterschiedlichen Biegemomenten zu belasten und so unterschiedliche Biegespannungen im Draht zu erzeugen.

Die Bewegungsbahn ist so gestaltet, dass die Drahtprobe immer in Form eines Kreisbogens verformt wird (Bild 1). Das hat zur Folge, dass über die gesamte Drahtprobenlänge dasselbe Biegemoment angreift. Da immer dieselbe Einspannlänge des Drahtes gegeben ist, wird auch immer dasselbe Volumen bei unterschiedlicher Belastung untersucht. Außerdem ist die Drahtlänge zwischen den Einspannstellen nahezu identisch



Bild 1: Umlaufbiegeversuchsstand

mit der zu untersuchenden Probenlänge. Weiterhin ist es möglich, durch Erfassung des Biegemomentes mittels eines entsprechenden Sensors die im Draht entstehende Biegespannung genau zu ermitteln bzw. einzustellen.

Ergebnisse der Untersuchungen sind die erreichten Lastspielzahlen N der Drähte bei unterschiedlichen Biegespannungsniveaus. Aus diesen Daten können Wöhlerlinien erzeugt werden, die das Ausfallverhalten der Drähte beschreiben.

Wie sich die Ergebnisse der Lebensdaueruntersuchungen an Drähten auf Federn, hergestellt aus diesen Drähten, übertragen lassen, um somit die aufwendigen und langwierigen Lebensdaueruntersuchungen an Federn zumindest zu reduzieren, ist Gegenstand zukünftiger Forschungsarbeiten [2].

2. Messplatz zur automatischen Vermessung von Schraubenfedern

Einleitung

Die Geometriedaten einer Schraubenfeder sind aufgrund ihrer körperlichen Eigenschaften nur schwer zu erfassen. Speziell gilt dies für die Ermittlung des Drahtverlaufes, der die dreidimensionale Beschreibung eines jeden Drahtpunktes einer Feder darstellt. Die Kenntnis des Drahtverlaufes ermöglicht unter anderem die Bestimmung der Federschiefstellung. Weiterhin kann aus ihm die Unterteilung der Feder in Windungen ohne Windungsabstand (Endwindungen), Windungen mit veränderlichem Windungsabstand (Übergangswindungen) und Windungen mit konstantem Windungsabstand erfolgen. Dies ist bspw. zum Beurteilen der Federkennlinie (Konstanz der Federrate R) wichtig [3]. Die 3D-Daten der Feder können weiterhin als Ausgangspunkt für den Modellaufbau von Federn für Simulationen mittels MKS oder FEM dienen, um die reale Feder nachzubilden und die Abweichungen zwischen Simulations- und Messergebnissen klein zu halten.

Zur Ermittlung des Drahtverlaufes müssen die Parameter Höhe über der Aufstandsfläche z und Federaußendurchmesser D_e ermittelt werden (Bild 2). Windungsabschnitte, in denen sich die geometrischen Verhältnisse der Feder nicht ändern (z. B. Federsteigung $m = \text{konstant}$) können manuell sehr einfach und schnell z. B. mit einem Messschieber vermessen werden. In Übergangsbereichen (z. B. Änderung von Steigung m_1 auf m_2) sind manuelle Messungen wie etwa mit einem Zweikoordinatenmessgerät sehr aufwendig. Deshalb wurde ein Bildverarbeitungsmessplatz für Federn zum Automatisieren dieser Messaufgabe entwickelt und gebaut.

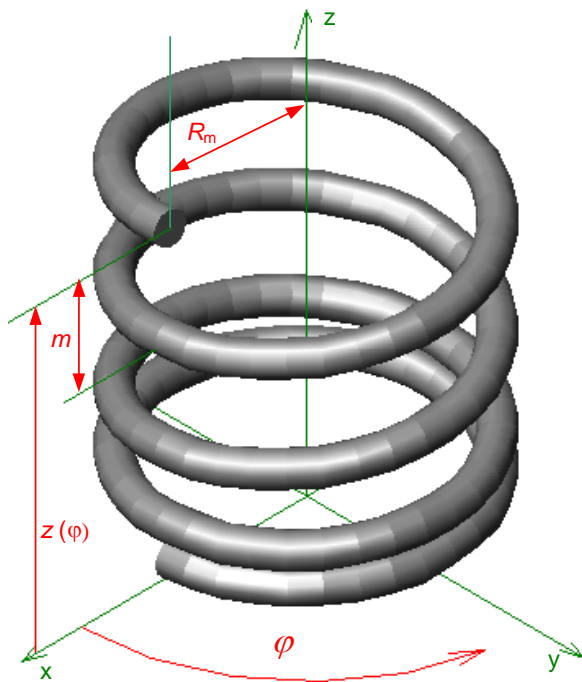


Bild 2: Koordinatensystem und Parameter zum Bestimmen des Drahtverlaufes

Neben anderen Gegebenheiten führen die räumliche Ausdehnung der Federn und die Abbildungs- und Reflexionseigenschaften des Drahtquerschnittes zu einer komplexen Problemstellung, die großen Einfluss auf die Auswahl von Kamera, Objektiv und Beleuchtung hat. Den realisierten Messaufbau zeigt Bild 3.

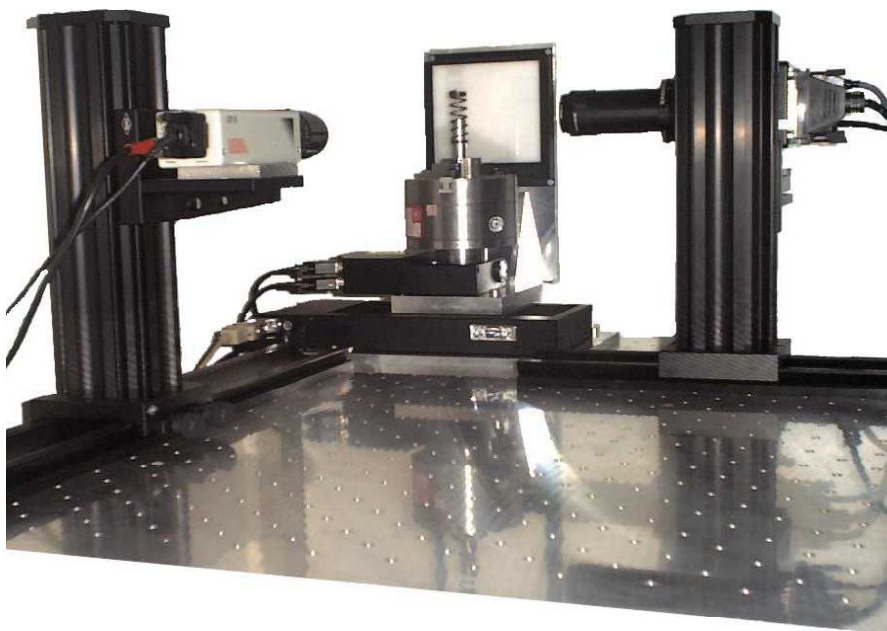


Bild 3: Bildverarbeitungsmessplatz zum Messen von Schraubenfedern

Kameraauswahl

Zum Bestimmen der Höhe über der Aufstandsfläche z wird eine CCD-Zeile mit 4096 Pixeln verwendet, die auf die Federachse gerichtet ist. Bei einem Abbildungsmaßstab $\beta = 1$ beträgt somit die abbildbare Objektgröße 40 mm bei einer Auflösung von 0,01 mm. Zum Bestimmen des Außendurchmessers wird eine Matrix-Kamera verwendet. Der CCD-Chip besitzt die Standard-PAL-Auflösung von 768x625 Pixeln.

Objektivauswahl

Als Objektiv für die CCD-Zeile wurde ein hochpräzises, apozentrisches Objektiv für einen Abbildungsmaßstab $\beta = 1$ gewählt. Diese Lösung ist preisgünstiger als die Anschaffung eines telezentrischen Objektivs für die gleiche Objektgröße bei geringerem Abbildungsfehler. Bei beiden Objektiven müssen die zu vermessenden Kanten der Feder in die Kalibrierebene positioniert werden. Die Positionierung muss bei Verwendung eines apozentrischen Objektivs mit höherer Genauigkeit erfolgen, da ansonsten Messfehler entstehen.

Beleuchtung

Es hat sich gezeigt, dass mit einer Durchlichtbeleuchtung Oberflächenreflexionen vermieden werden. Dies ermöglicht eine präzise Kantenfindung. Das Einbringen der Beleuchtungseinrichtung für Durchlicht für die Zeilenkamera in den Federkörper verdeckt außerdem die für die Messung störenden hinteren Windungsteile. Die Beleuchtungseinrichtung ist eine Eigenentwicklung, deren Hauptbestandteil eine Kaltkathodenlampe ist. Für die Matrixkamera kommt eine Leuchtfläche zum Einsatz, die die Feder ebenfalls im Durchlicht beleuchtet.

Verstelleinrichtungen

Um aus der Höhe über der Aufstandsfläche z den Windungsverlauf bestimmen zu können, muss z über der gesamten Drahtlänge bestimmt werden. Hierzu ist eine Drehbewegung der Feder notwendig (z. B. alle 10°). Zum Fokussieren auf unterschiedliche Federdurchmesser ist außerdem eine lineare Verstellmöglichkeit der Feder erforderlich. Verwendung finden motorische Verstelleinheiten mit integrierten Leistungsteilen, um einen kompakten Versuchsaufbau zu erreichen.

Steuerung, Messwerterfassung und -auswertung

Mit Blick auf die notwendige Kombination von Mess- und Steuerungsaufgaben wurde nach einer Hard- und Softwarelösung gesucht, die die Bildverarbeitung und Bewegungssteuerung gleichzeitig übernimmt und auf industriellen Standards aufbaut, die weit verbreitet sind. Au-

ßerdem sollten für viele wiederkehrende Teilprobleme bereits Lösungen existieren. Verwendet wird die Software LABView der Firma National Instruments.

Ergebnisse und weitere Aufgaben

Der Messplatz ist bereits im Einsatz. Die Messzeit wurden auf 1/10 der mit den manuellen Messmethoden benötigten Zeit reduziert. Auflösung und Genauigkeit sind für die Untersuchungen ausreichend. Die Reproduzierbarkeit der gemessenen Ergebnisse ist sehr gut.

Der Messplatz unterliegt einer ständigen Weiterentwicklung. So werden z. B. Untersuchungen durchgeführt, mit welchen Kantenerkennungsalgorithmen die Detektierung der runden Drahtgeometrie weiter verbessert werden kann.

3. Literatur- bzw. Quellenhinweise:

- [1] Schorcht, H.-J.; Weiß, M.; u.a.: Optimierung des Festigkeits- und Umformverhaltens SiCr-legierter ölschlussvergüteter Federstahldrähte zwecks Verbesserung ihrer Verarbeitungs- und Anwendungseigenschaften.
Abschlussbericht AiF-Forschungsthema 13654 BR, TU Ilmenau 2006
- [2] Schorcht, H.-J.: Lebensdauervorhersage für Schraubendruckfedern.
Bewilligter Antrag zum AiF-Forschungsvorhaben BR 03127/04
- [3] Schorcht, H.-J.; Weiß, M.; u.a.: Einflüsse der End- und Übergangswindungen auf Funktion und Betriebsverhalten von kaltgeformten Schraubendruckfedern.
Abschlussbericht AiF-Forschungsthema 12573 BR, TU Ilmenau 2003

Autorenangabe(n):

Dipl.-Ing. Peter Beyer
Dr.-Ing. Kersten Liebermann
Technische Universität Ilmenau
Fachgebiet Maschinenelemente
PF 100 565
98684 Ilmenau

Tel.: +49 (0)3677 – 69 3934

Fax: +49 (0)3677 – 69 3970

E-Mail: peter.beyer@tu-ilmenau.de

kersten.liebermann@tu-ilmenau.de